Aus dem Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. Bernhard Schmidt

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR HEISSLUFT-STERILISATION PULVERFÖRMIGER SUBSTANZEN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Gert Vandersee
aus Berlin

1961

Druck:

Ernst - Reuter - Gesellschaft
der Förderer und Freunde der Freien Universität e.V.

Dissertations - Druckstelle

Berlin-Dahlem, Garystr. 45, Tel.: 76 52 61, App. 668

Aus dem Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. Bernhard Schmidt

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR HEISSLUFT-STERILISATION PULVERFÖRMIGER SUBSTANZEN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Gert Vandersee
aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Helmut S e l b a c h

Referent: Professor Dr. med. Bernhard S c h m i d t

Korreferent: Professor Dr.phil. Gerhard S c h e n c k

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 13.3.61

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Literatur	1
1. Keimtötung durch trockene und feuchte Hitze	1
2. Pulver als Krankheitsquelle	2
3. Verfahren zur Erlangung steriler Puder	4
Aufgabe	6
Eigene Untersuchungen und Ergebnisse	6
I. Material und Methodik	6
1. Das Heißluftgerät	6
2. Verteilung der Meßstellen in dem mit Pulver gefüllten Gefäß	7
3. Methode der Temperaturmessung	9
4. Gang der Versuche	9
II. Versuche	11
1. Voruntersuchung, Temperaturverlauf im Heißluftgerät	11
2. Temperaturverlauf in der mit Pulver gefüllten Büchse	16
3. Die zusätzliche Anwärmzeit der Pulver	25
4. Die Anwärmzeit der Pulver im vorerhitzten Heißluftgerät	28
5. Hauptversuch	29
Diskussion	37
1. Der Begriff der zusätzlichen Anwärmzeit bei verschiedenen Autoren	37
2. Vergleich der Sterilisationszeiten einiger mit Heißluft arbeitender Untersucher	40
3. Die Bedeutung der gefundenen Ergebnisse für die Praxis	43
Zusammenfassung	44
Literaturverzeichnis	46

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546826_0052

Einleitung

Die meisten Pharmakopoen schreiben für die Sterilisation von Pulvern die Verwendung von Heißluft vor. Jedoch besteht hinsichtlich der erforderlichen Temperatur und der Zeit, während der diese Temperatur einwirken muß, eine gewisse Unsicherheit.
Der vielseitige Gebrauch von Pulvern sowohl als Heilmittel als auch in der Chirurgie bei der Arbeit mit Gummihandschuhen ließ es angebracht erscheinen, die Möglichkeiten einer Pudersterilisation mit Heißluft einmal unter Benutzung eines nach modernen Gesichtspunkten konstruierten Sterilisators zu untersuchen.

Literatur

1. Keimtötung durch trockene und feuchte Hitze

Der Mechanismus, der bei der Abtötung von Bakterien durch Hitze abläuft, ist in seinen Einzelheiten noch nicht bekannt. Die Auffassung, daß der Vorgang der Hitzewirkung auf Bakterien mit demjenigen der Hitzekoagulation von Proteinen nahe verwandt sein müsse, wird schon in älteren Arbeiten vertreten und experimentell gestützt. Im Jahre 1890 fand L E W I T H (22), daß wasserreicheres Eieralbumin bei tieferen Temperaturen koagulierte als wasserarmes. So konnte er Albumin mit einem Gehalt von 50 % Wasser schon bei 56°C zur Koagulation bringen, wasserfreies dagegen erst bei 160-170°C.
Zu ähnlichen Ergebnissen kam M A T S U D A (25) im Jahre 1915 bei einer Untersuchung über die Trockenerhitzung von Immunseren. Während die antikörperhaltigen Substanzen in natürlicher Umgebung, also im feuchten Milieu von Blutserum, Exsudat oder Gewebssaft, nach Erhitzung auf relativ niedrige Temperaturen in kurzer Zeit ihre spezifischen Eigenschaften verloren, trat ein völliger Verlust

der Immunisierungskraft bei über Chlorkalzium getrockneten Seren erst nach Erhitzung auf 90-95°C ein.
Schon aus diesen Versuchen war zu entnehmen, daß Feuchtigkeit die Hitzewirkung auf Eiweiße verstärkt, Trockenheit sie abschwächt.
Die hohe Resistenz der Sporen - selbst gegen gespannten Wasserdampf - erklärt L E W I T H mit der Existenz der Sporenmembran, die das Eindringen des Wassers verzögere, nicht aber verhindere, da sonst eine Sporenauskeimung unmöglich wäre.
Auch B I N G E L (4) kommt zu dem Schluß, daß die Trocknung der Bakterien bei der Keimtötung durch Hitze ein hindernder Faktor sei.
Bei der Verwendung von Heißluft verstreicht bis zum Erreichen der erforderlichen, tödlichen Temperatur meist mehr als eine Stunde. In dieser Zeit können die Keime noch zusätzlich dehydriert werden (L E W I T H (22), P E R K I N S (29)). Daraus folgt, daß die Heißluft erst endgültig die Situation schafft, die ihre lange Einwirkungszeit notwendig macht. Der schließlich eintretende Bakterientod wird von B A E R T H L E I N (2), O E S T E R L E (27b), P E R K I N S (29) und B I N G E L (4) für die Folge eines Oxydationsprozesses gehalten. Der Bakterientod in heißem oder siedendem Wasser, in strömendem und gespanntem Dampf, wobei eine Dehydratation nicht erfolgt, wird als Resultat einer Koagulation der Eiweiße, die den Bakterienleib aufbauen, aufgefaßt. (B A E R T H L E I N (2), B I N G E L (4), P E R K I N S (29)).

2. Pulver als Krankheitsquelle

Die Möglichkeit, Antibiotika anzuwenden, befreit den Arzt nicht von der Pflicht, bei chirurgischen Eingriffen größtmögliche Asepsis zu wahren. Eine der Voraussetzungen für die Asepsis am Operationstisch ist die Keimfreiheit des Handschuhpuders.

Eine Untersuchung aus dem Jahre 1939 von D E V E N I S H und M I L E S (7) an einer chirurgischen Klinik ergab, daß 1593 von 6585 (= 24,2%) der verwendeten Gummihandschuhe defekt waren. G I R D L E S T O N E (12), der den Infektionsmodus sauberer chirurgischer Wunden untersuchte, berichtete im Jahre 1951 aus dem Wingfield-Morris Orthopaedic Hospital, Oxford, daß 202 von 816 (=24,7 %) bei großen orthopädischen Operationen benutzte Handschuhe Löcher oder Risse aufwiesen. Schon vorher hatte in Deutschland H E L L E N D A H L (18) nachgewiesen, daß selbst aus der kleinsten Öffnung eines Operationshandschuhs das Wundgebiet durch austretenden Handschuhsaft infiziert werden kann. Das Tragen von Gummihandschuhen bietet daher weder einen absoluten Schutz vor einer Infektion der Operationswunde noch vor der bakteriellen Verunreinigung der Hand des Operateurs.

Es ist daher verständlich, daß Infektionen der Wunde auch durch unsterilen Handschuhpuder hervorgerufen werden können, zumal gerade die Sterilisation von Puder in der Praxis oft auf Schwierigkeiten stößt. So fand S T U T Z (36) Kokken in Talkum, welches in einem nur auf 140°C heizbaren Heißluftschrank "sterilisiert" worden war. Der Anlaß zur Überprüfung der Sterilisations - apparatur war eine letale Wundinfektion nach einer Operation. Im Jahre 1949 veröffentlichten S E I D L und V O G L E R (31) einen Bericht über 7 postoperative Tetanusfälle. Im Talkum für die bei der Operation benutzten Handschuhe wurden Tetanusbazillen und WELCH-FRAENKELsche Gasbrandbazillen gefunden.
Eine Veröffentlichung von Z W E I F E L (38) aus dem Jahre 1910 beweist, daß auch Bolus alba Träger gefährlicher Keime sein kann und die Verwendung in unsterilem Zustand unter Umständen zu schweren Krankheiten führt.

3. Verfahren zur Erlangung steriler Puder

"Die Grundlagen der in der Chirurgie verwendeten Puder werden wohl immer Talkum, Bolus, Zinkoxyd, kurz gesagt, anorganisches Material sein." (5)
Die Notwendigkeit einer Pudersterilisation steht nach dem oben Ausgeführten außer Frage. Sterilisation bedeutet aber völlige Befreiung eines Gegenstandes von allen lebenden pathogenen und nichtpathogenen Mikroorganismen. Talkum (Magnesiumpolysilikat), Bolus alba (Aluminiumsilikat) und Zinkoxyd sind als anorganische Substanzen außerordentlich hitzeunempfindlich. Von einigen Autoren wird daher das Ausglühen als einzige sichere Sterilisationsmethode genannt (S T I C H (35), M A I E R (24)). Dieses Verfahren - im kleinen Maßstab hinsichtlich des Sterilisationserfolges unübertrefflich - ist jedoch im Routinebetrieb der Klinik und der Krankenhausapotheke kaum durchführbar.
Als weiteres Verfahren bietet sich die Heißluftsterilisation an. Auf ihre Wirksamkeit bei der Sterilisation von Pudern wurde diese Methode der Keimtötung erstmalig von M U N T S C H (26) im Jahre 1931 untersucht. Vier Jahre später veröffentlichte O E S T E R L E (27a) eine grundlegende Arbeit über die Heißluftsterilisation des chirurgischen Talkums, deren Ergebnisse heute als maßgebend für die Beurteilung und Empfehlung der Sterilisation dieses Handschuhpuders gelten.
Auch der gespannte Dampf ist für die Sterilisation pulverförmiger Substanzen angewendet worden. M U N T S C H (26) und K O N R I C H (20a) heben die Überlegenheit dieses Verfahrens gegenüber der Sterilisation mit Heißluft hervor. Bei den Versuchen von M U N T S C H konnten allerdings nur kleine Mengen (30 g), in doppelte Lagen Mull geschüttet, im Autoklaven mit Erfolg sterilisiert werden. Bei dieser Art der Verpackung ist die Gefahr der sekundären Infektion jedoch größer als bei der Sterilisation in geschlossenen Büchsen, die aber nur mit Heißluft gelingt.

In letzter Zeit wird die Sterilisation von Pulvern, welche nicht stark durchfeuchtet werden dürfen, mit gespanntem Äthylenoxyd befürwortet. L A M M E R S und G E W A L T (21) halten dieses Vorgehen für die Methode der Wahl. Völlig trockene Sporenerde konnten sie auf diese Weise aber nicht sicher entkeimen. Neuerdings wird diesem Nachteil dadurch abgeholfen, daß bei der Sterilisation trockenen Gutes ein befeuchteter Kunststoff - schwamm, der für einen gewissen Grad relativer Feuchte sorgt, in die Kammer eingelegt wird. Mit derart verbesserter Methode konnten G E W A L T und F I S C H E R (10) vegetative Keime in kleinen Mengen (5 g) trockener Bolus alba und trockenen Stärkepulvers innerhalb von 15-20 Min. abtöten. Diese chemische Sterilisationsmethode kann hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis aber noch nicht eindeutig beurteilt werden, da sie sich noch im Stadium der Erforschung und Entwicklung befindet. Dies zeigen auch die Ergebnisse von B E R G E R (3), die beweisen, daß die Keimtötung mit Äthylenoxyd noch mit vielen Unsicherheiten belastet ist. Völlig trockene Sporenerde sowie Instrumente, die mit einem Blut-Sporenerdegemisch benetzt waren, konnten nicht mit Erfolg sterilisiert werden. B E R G E R kommt zu dem Schluß, daß nur solche Gegenstände, welche nicht hitzesterilisiert werden können - wie Kunststoffteile - nach vorheriger Reinigung einer Äthylenoxydsterilisation zugeführt werden sollten.

Aufgabe

Im dritten Nachtrag zum Deutschen Arzneibuch, 6.Ausgabe, sind nur Richtlinien für die Sterilisation angegeben. Hiernach sind thermostabile Pulver einer Heißluftsterilisation bei 180°C zu unterziehen. Die notwendigen Betriebszeiten werden jedoch nicht erwähnt, da sie von der Bauart des Sterilisators, der Art des Sterilisiergutes und der Beschickungsdichte abhängig sind, also von der Geschwindigkeit, mit der die zu sterilisierenden Objekte an allen Stellen auf die geforderte Sterilisationstemperatur erhitzt werden. Hierzu sagt das DAB 6 (3.Nachtrag): "Infolge der geringen Wärmekapazität der Heißluft, der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeit des Sterilisiergutes sowie seines unterschiedlichen Absorptionsvermögens für die Wärmestrahlung kann die Temperatur im Sterilisierraum und -gut, namentlich bei größeren Geräten,ganz erhebliche Unterschiede aufweisen. Die Temperatur,die das Apparatthermometer anzeigt, korrespondiert zumeist nicht mit der Temperatur im Sterilisiergut, sondern liegt zumeist niedriger, vor allem in Geräten ohne Luftumwälzung. Die Anheizzeit kann deshalb nicht auf Grund der Angaben des Temperaturanzeigers am Gerät festgelegt werden,sondern muß experimentell ermittelt werden." (6)
Daraus geht hervor, daß die Betriebszeiten für jeden Gerätetyp und für jede Sterilisieraufgabe experimentell festgelegt sein müssen, bevor das Gerät eingesetzt werden kann. Es bestand daher ein praktisches Bedürfnis,die Betriebszeiten für die Pudersterilisation einmal für ein bestimmtes Sterilisiergerät experimentell festzustellen. Das war das Ziel der nachfolgenden Untersuchungen.

Eigene Untersuchungen und Ergebnisse

I. Material und Methodik

1. Das Heißluftgerät

Für unsere Versuche benutzten wir einen Heißluftapparat der Firma E. F. K Ü S T E R, Berlin. Der Sterilisator

war mit einer automatischen Luftumwälzung ausgestattet und enthielt eine automatische Schaltuhr sowie einen durch die Decke in den Innenraum durchgeführten Rohrstutzen von 25 mm Durchmesser. Dieser Stutzen war auf unseren Wunsch eingebaut worden und diente zum Einführen von Thermoelementen in den Innenraum.
Die inneren Maße des Sterilisators betrugen:

Höhe : 340 mm
Breite : 500 mm
Tiefe : 340 mm

Der Apparat arbeitete mit einer Stromstärke von 8,2 Ampère und hatte eine Leistung von 1,8 KW. +)

2. Verteilung der Meßstellen in dem mit Pulver gefüllten Gefäß

O E S T E R L E verwendete für seine Versuche vier - eckige Blechdosen mit abgerundeten Ecken von 10 cm Breite und Tiefe. Da dieses Format gewöhnlich kaum benutzt wird (33), wir aber für die Praxis verwertbare Resultate erzielen wollten, wählten wir eine der üblichen zylinderförmigen Streubüchsen aus Weißblech von 10 cm Höhe und 5 cm lichter Weite, wie sie auch bei Wärmegangversuchen von H Ö R L E R (17) Verwendung fanden.

Deckel und Streueinsatz unserer Büchsen wurden in der Mitte durchbohrt, so daß Thermoelemente von oben her genau in der Längsachse der Dose eingeführt werden konnten. Die Büchsen wurden für die Versuche jeweils mit 150 g Pulver gefüllt. Im Gegensatz zu O E S T E R L E hielten wir es nicht für erforderlich, die Thermoelemente an einem Ständer zu fixieren. Ein solcher Ständer hätte ja - wenn er seinen Zweck erfüllen sollte -

---

+) Derselbe Apparat wurde auch von G E R I S C H E R (40) bei Untersuchungen zur Heißluftsterilisation von Glyzerin und verschiedenen Ölen benutzt.

an einer der Büchsenwände befestigt werden müssen und somit als direkter Wärmeleiter gedient. Bei der Prü - fung des Wärmeverlaufs im Innern der Pulver hätten sich daher falsche Meßwerte ergeben.
Für unsere Versuche wurden drei Thermoelementzuleitungen zu einem Bündel vereinigt und in der obengenannten Weise durch Deckel und Streueinsatz geführt. Die Ele - mente waren so versetzt, daß der Abstand der Lötstel - lenspitzen übereinander je 3 cm betrug. Die Zuleitungen waren durch einen dünnen Draht fest miteinander und gegeneinander unverschieblich verbunden und schienten sich auf diese Weise gegenseitig. Oberhalb und unterhalb des Deckels wurden die Zuleitungen mit Asbestschnur fest umwickelt, so daß der Deckel fixiert war und sein Abstand von den Lötstellen möglichst konstant blieb. Die Abb.1 soll die Anordnung und Verteilung der Elemente veran - schaulichen.

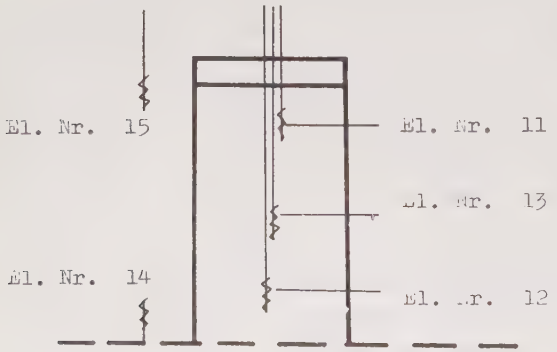

Abb. 1 Anordnung der Elemente in d. mit Pulver gefüllten Büchse sowie der beiden Luftelemente.

Wurden die Thermoelemente in die gefüllte Weißblechdose eingeführt, so befanden sich das zuoberst gelegene 2 cm, das mittlere 5 cm und das untere 8 cm vom oberen Büchsen-

rand entfernt. Die Anordnung der Elemente in der Längsachse brachte es mit sich, daß die ungünstigsten, d.h. am schlechtesten erwärmbaren Punkte der jeweiligen Pulverschicht erfaßt wurden.
Außer diesen drei Thermoelementen wurden in der Nachbarschaft der Büchse im freien Raum des Sterilisators zwei weitere Elemente angebracht, von denen das eine in Deckelhöhe, das zweite auf dem Tablett, auf dem die Dose stand, befestigt war. Die Verteilung der Meßstellen entspricht etwa derjenigen von O E S T E R L E (27a).

3. Methode der Temperaturmessung

Vorbild für unsere thermoelektrische Meßmethode war das Prinzip des "Dromotherm" von K O N R I C H (20b).

4. Gang der Versuche

Als Versuchsmaterial dienten Talkum DAB 6, Bolus alba DAB 6 und Zincum oxydatum DAB 6.
In Anlehnung an O E S T E R L E (27a) wurden die Puder für die Sterilisationsversuche mit 1 % Sporenerde aus dem Botanischen Garten Berlin vermischt. Diese Sporenerde war getrocknet, gemahlen und gesiebt; sie hatte eine Resistenz von über 40 Stunden gegenüber strömendem Wasserdampf.

Das Pulver wurde 1-2 Min. lang zusammen mit der Sporenerde in einem 300 cm^3-Erlenmeyerkolben geschüttelt, bis eine gleichmäßige Durchmischung zustande gekommen war. Dieses verunreinigte Pulver wurde in die Büchsen eingefüllt, die Thermoelemente, wie unter 2 beschrieben, eingeführt, die gewünschte Temperatur eingestellt und der Apparat in Gang gesetzt. Die Sterilisationszeit rechneten wir - nach Vorschrift des Deutschen Arzneibuches - von dem Zeitpunkt an, in dem im Innern des Pulvers, d.i. in unserem Falle an der Meßstelle Nr.13, die eingestellte Temperatur erreicht war.
Nach Ablauf der Sterilisationszeit und Entnahme der Büchse aus dem Heißluftschrank wurden mit einer weitlumigen Pipette jeweils 1-2 g Pulver aus dem Inhalt der Dose her-

ausgestanzt und in Bouillon gebracht. Aus jeder Charge wurden 6 Proben entnommen. Die Pipette bahnte sich bei den 6 Entnahmen stufenweise einen Kanal in der Längs - achse der Pulversäule, der schließlich von der Ober - fläche bis zum Boden der Büchse reichte.
Die Proben wurden in je 100 cm^3 Fleischbouillon verimpft. Die Bouillonkölbchen waren mit laufenden Num - mern versehen, so daß wir im Falle von Bakterienwachstum in einem Kölbchen einen ungefähren Anhalt hatten, aus welcher Pulverschicht einer Charge die Keime stammen konnten. Trat etwa bei allen Proben einer Charge starkes Wachstum mit Kahmhautbildung auf, so konnte geschlossen werden, daß die Sterilisationszeit des Ver - suchs weit unter der erforderlichen lag. Erfolgte da - gegen Trübung nur in einem Kölbchen, das mit Pulver aus einer der mittleren Schichten beimpft war, so mußte sich die Einwirkungszeit des Versuchs dicht unterhalb der zur Abtötung aller Keime notwendigen Zeit befinden.

Die beimpfte Bouillon wurde 14 Tage lang bei 37°C bebrütet. Die Pulver sedimentierten in der Bouillon rasch, so daß am 2. Tag nach der Beimpfung - wenn kein Bakterienwachstum erfolgt war - wieder klare Fleischbrühe überstand.
So konnte meist schon an der Trübung oder dem Klarbleiben der Bouillon erkannt werden, ob bakterienwachstum eingetreten war oder nicht. Trotzdem wurde grundsätzlich aus jedem Kölbchen nach der zweiwöchigen Inkubation eine Subkultur auf Blutagar angelegt. Auf der Blutplatte fand sich auch in mehreren Fällen, in denen die Bouillon dem Augenschein nach klargeblieben war, Wachstum.
Waren auf den Impfstrichen Kolonien ausgewachsen, so führten wir als letztes die mikroskopische Untersuchung durch. Von jedem Präparat wurde eine G R A M-Färbung angefertigt. Fanden sich Kokken, so sahen wir sie stets als sekundäre Verunreinigung an, da angenommen werden mußte, daß vegetative Formen die Versuchstemperaturen nicht lebend überstehen konnten.

Stäbchen wurden als überlebende Keime angesehen; es wurde die Sporenfärbung nach K L E I N oder die modifizierte Z I E H L - N E E L S E N sche Färbung angeschlossen.

Aus Chargen von Bolus alba und Talkum, die der für Aerobier eben ausreichenden Abtötungszeit ausgesetzt worden waren, wurden außerdem anaerobe Kulturen angelegt. Als Anreicherungsnährboden verwendeten wir dafür die T A R O Z Z I sche Leberbouillon und für die Subkultur F O R T N E R sche Blutplatten.
Bevor wir die Pulver für unsere Versuche benutzten, verimpften wir von jedem erst eine Probe in Bouillon. Ebenso wurden mit 1 % Sporenerde vermischte Pulverproben, die nicht sterilisiert worden waren, in Bouillon bebrütet.

II. Versuche

1. Voruntersuchung, Temperaturverlauf im Heißluftgerät

Um mit den Eigenschaften unseres Heißluftgerätes vertraut zu werden, prüften wir zunächst den Wärmeverlauf an verschiedenen Stellen des leeren Apparates.
Die Verteilung der Elemente innerhalb des Sterilisators geht aus Abb. 2 hervor.

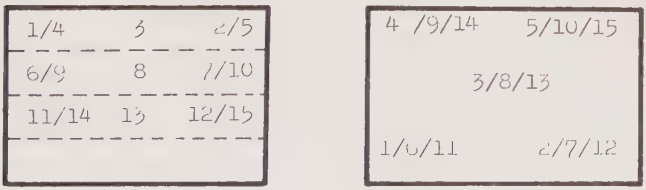

Abb. 2 Verteilung der Thermoelemente bei der Prüfung des Wärmeverlaufs im Heißluftschrank.

Mit der gleichen Anordnung der Elemente prüften wir zum Vergleich den Temperaturverlauf im vollbeschickten Sterilisator. Es wurden dazu auf jedes Tablett 42 PETRI-Schalen in Stapel zu dreien geladen, so daß sich insgesamt 126 Schalen im Apparat befanden. Zuletzt verfolgten wir den Wärmeverlauf im Heißluftgerät, nachdem die beiden oberen Tabletts herausgenommen waren und nur das untere mit seinen 42 Schalen noch im Sterilisator verblieb. Hierzu mußten die Thermoelemente in anderer Weise angeordnet werden (vgl. Abb.3)

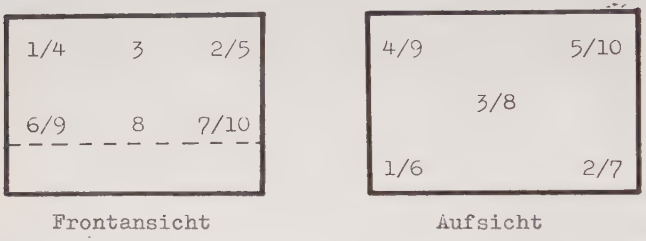

Abb.3 Verteilung der Thermoelemente nach Entfernung der beiden oberen Tabletts und Beladung des unteren mit 42 Schalen.

Tab. 1

Temperaturen an verschiedenen Stellen innerhalb des leeren Heißluftschrankes beim Einsetzen des Temperaturreglers.

(Angaben in °C und in Prozent der Einstelltemperatur)

Meßstelle	Temperatureinstellung 160°	170°	180°	190°
1	155 (97%)	161 (95%)	167 (93%)	179 (94%)
2	159 (99%)	166 (98%)	173 (96%)	184 (97%)
3	158 (97%)	164 (97%)	170 (94%)	182 (96%)
4	152 (95%)	159 (93%)	161 (89%)	176 (93%)
5	160 (100%)	159 (93%)	169 (94%)	183 (96%)
6	162 (101%)	167 (98%)	169 (94%)	183 (96%)
7	160 (100%)	168 (99%)	171 (95%)	183 (96%)
8	166 (104%)	167 (98%)	175 (97%)	189 (99%)
9	162 (101%)	172 (101%)	169 (94%)	183 (96%)
10	161 (100%)	167 (98%)	171 (95%)	184 (97%)
11	166 (104%)	170 (100%)	174 (97%)	185 (97%)
12	164 (102%)	169 (99%)	174 (97%)	185 (97%)
13	167 (104%)	170 (100%)	179 (99%)	186 (98%)
14	166 (104%)	169 (99%)	178 (99%)	184 (97%)
15	165 (103%)	168 (99%)	177 (98%)	185 (97%)
Maximale Temperaturunterschiede	15°	13°	18°	13°

Die Tabellen 1, 2 und 3 zeigen die Temperaturen und ihre Prozentanteile an der Einstelltemperatur beim erstmaligen Einsetzen des Temperaturreglers, d.h. zu einem Zeitpunkt, in dem das Apparatthermometer die eingestellte Temperatur als erreicht anzeigt.

Tab. 1 läßt erkennen, daß die Angaben der Thermoelemente im leeren Heißluftschrank zu über 90 % mit denen des Apparatthermometers übereinstimmen. Die maximalen Temperatur -

differenzen innerhalb des Apparates liegen zwischen 13 und 18°C. Besonders niedrige Werte zeigt das Element 4. Die höchsten Temperaturen werden von den Elementen 13, 9 und 8 angezeigt. Dies läßt sich damit erklären, daß der Warmluftstrom, durch die Turbine in den Innenraum gedrückt, in flachem Winkel von rechts unten nach links oben verläuft.

Tab. 2

Temperaturen an verschiedenen Stellen innerhalb des mit 126 PETRI-Schalen beschickten Heißluftschrankes beim Einsetzen des Temperaturreglers.

(Angaben in °C und in Prozent der Einstelltemperatur)

Meßstelle	Temperatureinstellung			
	160°	170°	180°	190°
1	147 (92%)	155 (91%)	164 (91%)	173 (91%)
2	140 (87%)	149 (88%)	158 (88%)	168 (88%)
3	146 (91%)	155 (91%)	165 (92%)	175 (92%)
4	139 (87%)	148 (87%)	155 (86%)	167 (88%)
5	140 (87%)	148 (87%)	157 (87%)	168 (88%)
6	154 (96%)	162 (95%)	170 (94%)	179 (94%)
7	136 (85%)	143 (84%)	153 (85%)	164 (86%)
8	152 (95%)	160 (94%)	170 (94%)	180 (95%)
9	150 (94%)	159 (93%)	167 (93%)	179 (94%)
10	146 (91%)	155 (91%)	164 (91%)	175 (92%)
11	161 (100%)	170 (100%)	179 (99%)	189 (99%)
12	149 (93%)	158 (93%)	167 (93%)	178 (94%)
13	156 (97%)	165 (97%)	175 (97%)	184 (97%)
14	163 (102%)	171 (100%)	181 (100%)	191 (100%)
15	158 (99%)	167 (98%)	176 (98%)	186 (98%)
Maximale Temperaturunterschiede	27°	28°	28°	27°

Tab. 2 zeigt, daß eine Beschickung des Sterilisators die Strömungsverhältnisse weitgehend verändern kann. Die Angaben einiger Thermoelemente stimmen hier nur zu 84-85 %

mit denen des Apparatthermometers überein. Die höchsten Temperaturen werden von Element 14 angegeben, die tiefsten von Element 7, ein Zeichen dafür, daß der Warmluftstrom durch die Beschickung in seiner Bahn abgelenkt wurde.
Zugleich erhöhen sich die gemessenen Temperaturdifferenzen um 10° auf 27 und 28°.

Eine weitere Veränderung tritt ein, wenn aus dem beschickten Sterilisator die beiden oberen Tabletts entfernt werden. Die Vielkammerigkeit ist damit beseitigt, und es resultiert ein einziger großer Sterilisationsraum.

Tab. 3

Temperaturen an verschiedenen Stellen innerhalb des Heißluftschrankes beim Einsetzen des Temperaturreglers. Die beiden oberen Tabletts sind herausgenommen, das untere ist mit 42 PETRI-Schalen beschickt.

(Angaben in °C und in Prozent der Einstelltemperatur)

Meßstelle	Temperatureinstellung			
	160°	170°	180°	190°
1	155 (97%)	168 (99%)	175 (97%)	182 (96%)
2	149 (93%)	163 (96%)	170 (94%)	178 (94%)
3	152 (95%)	167 (98%)	172 (95%)	179 (94%)
4	153 (96%)	167 (98%)	172 (95%)	179 (94%)
5	150 (94%)	164 (96%)	168 (93%)	177 (93%)
6	155 (97%)	168 (99%)	173 (96%)	181 (95%)
7	147 (92%)	170 (100%)	170 (94%)	175 (92%)
8	146 (91%)	162 (95%)	169 (94%)	174 (91%)
9	148 (92%)	164 (96%)	172 (95%)	176 (93%)
10	148 (92%)	163 (96%)	171 (95%)	177 (93%)
Maximale Temperaturunterschiede	9°	8°	7°	8°

Wie Tab.3 zeigt, macht sich diese Umwandlung sehr augenfällig dadurch bemerkbar, daß die maximalen Temperaturdifferenzen innerhalb des Heißluftschrankes auf 7-9°C absinken. Die Übereinstimmung der Temperaturen im Innenraum mit den Angaben des Apparatthermometers liegt nicht unter 90 %. Die höchsten Temperaturen zeigt Element 1 an die tiefsten Element 8.

Das Ergebnis dieser Messungen war folgendes:

a. Die wahren Temperaturen im Luftraum des leeren Sterilisators stimmen zu etwa 90 % mit den Angaben des Apparatthermometers überein.

b. Mit zunehmender Beladung des Heißluftschrankes vermindert sich die Berechtigung, die Kontrolle der Innenraumtemperatur mit Hilfe des eingebauten Thermometers vorzunehmen.

c. Die Beseitigung der Trennwände in Gestalt der Tabletts begünstigt eine gleichmäßige Wärmeverteilung und verhindert die Entstehung grösserer Temperaturdifferenzen an verschiedenen Stellen innerhalb des Sterilisators.

2. Temperaturverlauf in der mit Pulver gefüllten Büchse

Die Prüfung des Wärmeanstiegs in der mit Pulver gefüllten Büchse erfolgte jeweils bei den Einstellungen 160, 170, 180 und 190°C. Höhere Einstellungen waren in dem von uns verwendeten Heißluftschrank nicht möglich.
Bei allen folgenden Versuchen stand die Pulverbüchse auf der linken Seite des untersten Tabletts in 250 mm Tiefe. Die beiden übrigen Tabletts waren herausgenommen. Außer der Dose befanden sich stets 42 leere PETRI-Schalen auf dem Tablett (vgl. Abb. 4).

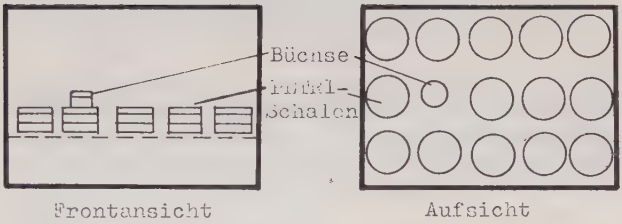

Abb.4 Beschickung des Heißluftschrankes und Standort der Pulverbüchse während der Versuche.

Von vielen Autoren war schon auf die oft erhebliche Diskrepanz zwischen den Angaben des Apparatthermometers und denjenigen der Thermoelemente innerhalb des zu sterilisierenden Materials hingewiesen worden. (H Ö R L E R(17), A D A M-B E H R M A N N (1), O E S T E R L E und H E R T W I G (28), H A H N E (14), M U N T S C H (26), H E R T W I G und H O R N (15).

Dieser Unterschied mußte sich in einem so schlecht wärmeleitenden Sterilisationsgut wie dem unseren besonders stark bemerkbar machen.

Der in das Heißluftgerät eingebaute Temperaturfühler schaltet die Heizung ab, sobald die eingestellte Temperaturhöhe erreicht ist. Der Regler registriert natürlich nur die Höhe der im freien Luftraum des Apparates herrschenden Temperatur. Oft - so auch in unserem Falle - ist er so angebracht, daß er direkt im Heißluftstrom liegt, um eine Überhitzung und ein Verbrennen des Sterilisationsgutes zu verhüten. Infolgedessen bleiben die Angaben des Apparatthermometers völlig unverbindlich für die im Pulver vorliegenden Temperaturen. Wie groß die Differenz ist, geht aus einem Vergleich der Angaben der Thermoelemente mit denen des Apparatthermometers hervor, wenn letzteres die eingestellte Temperatur als erreicht anzeigt, d.h. in dem Augenblick, in dem der Regler zum erstenmal die Heizung abstellt.

Tab. 4

Temperaturangaben in °C beim Einsetzen des Temperaturreglers

Angabe des Apparatthermometers		160°	170°	180°	190°
Talkum:					
Angabe d.Elemente (im Pulver)	11	92	98	114	125
	12	89	94	111	123
	13	80	86	103	116
Mittelwerte		87	93	109	121
Angabe d.Elemente (in d.Luft)	14	146	160	167	178
	15	142	154	157	170
Mittelwerte		144	157	162	174
Bolus alba:					
Angabe d.Elemente (im Pulver)	11	89	94	106	118
	12	76	82	94	109
	13	76	81	91	107
Mittelwerte		80	86	97	111
Angabe d.Elemente (in d.Luft)	14	151	159	167	174
	15	143	152	160	167
Mittelwerte		147	155	163	171
Zinkoxyd:					
Angabe d.Elemente (im Pulver)	11	101	109	116	136
	12	91	102	111	129
	13	89	95	106	124
Mittelwerte		94	102	111	130
Angabe d.Elemente (in d.Luft)	14	151	160	167	177
	15	144	154	159	170
Mittelwerte		147	157	163	173

Beim Einsetzen des Temperaturreglers wiesen die Thermoelemente - ihre Verteilung ist aus Abb.1 ersichtlich - die in der Tab.4 angegebenen Temperaturen aus. Daraus

lassen sich folgende Tatsachen erkennen:

a. Die Temperaturen beim Einsetzen des Thermo - staten sind bei der Einstellung auf 160°C am niedrigsten, bei der Einstellung auf 190°C am höchsten.

b. Die Mittelwerte für Talkum und Zinkoxyd liegen höher als die Mittelwerte für Bolus alba.

c. Die Mittelwerte für die Innenraumluft bleiben - in Abhängigkeit von der Temperatureinstel - lung, aber unabhängig von der sterilisierten Pulverart - konstant.

Tab. 5

Temperaturen in Prozent (%) der Einstelltemperatur beim Einsetzen des Temperaturreglers

Angabe d. Apparat-thermometers (=100%)	160°	170°	180°	190°
Talkum:				
Mittelwerte aus Tab. 4 (Pulver)	55	55	60	63
Gesamtmittel		58		
Mittelwerte aus Tab. 4 (Luft)	90	92	90	91
Gesamtmittel		91		
Bolus alba:				
Mittelwerte aus Tab. 4 (Pulver)	50	51	54	58
Gesamtmittel		53		
Mittelwerte aus Tab. 4 (Luft)	92	91	90	90
Gesamtmittel		91		
Zinkoxyd:				
Mittelwerte aus Tab. 4 (Pulver)	59	60	62	68
Gesamtmittel		62		
Mittelwerte aus Tab. 4 (Luft)	92	92	90	91
Gesamtmittel		91		

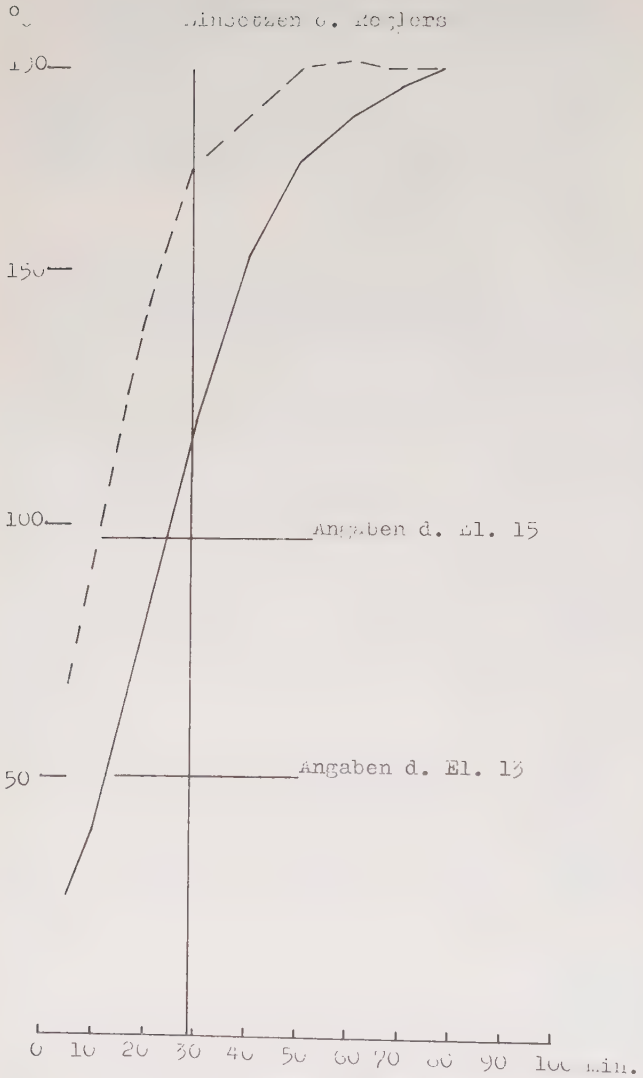

Abb.5 Temperaturverlauf an der ungünstigsten Meßstelle in der mit 150 g Talkum gefüllten Pulverbüchse (Nr.13) und an der Meßstelle im freien Luftraum (Nr.15).

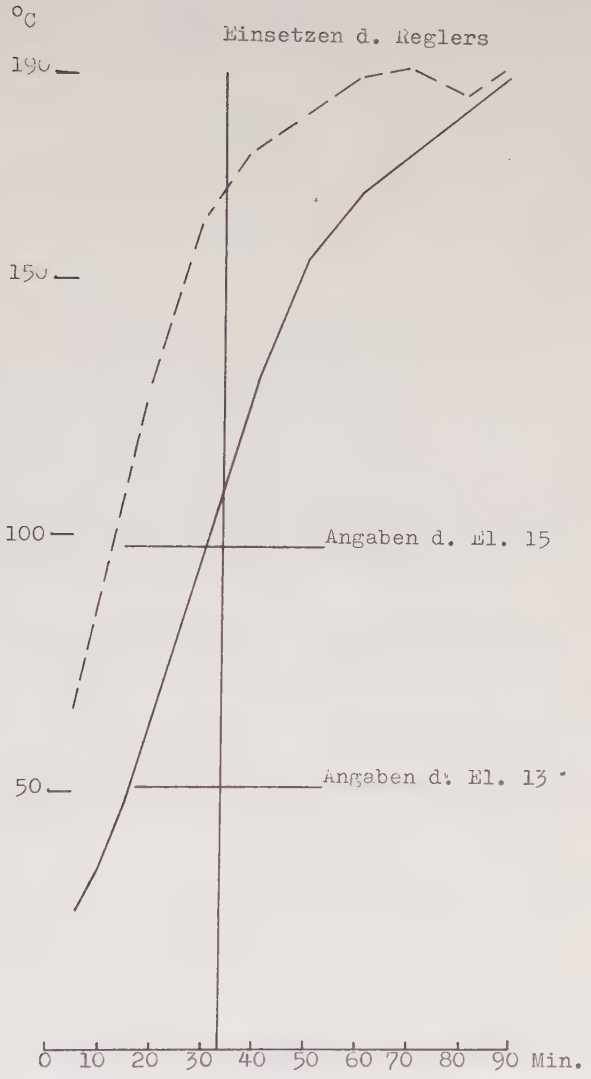

Abb.6 Temperaturverlauf an der ungünstigsten Meßstelle in der mit 150 g Bolus alba gefüllten Pulverbüchse (Nr.13) und an der Meßstelle im freien Luftraum (Nr.15).

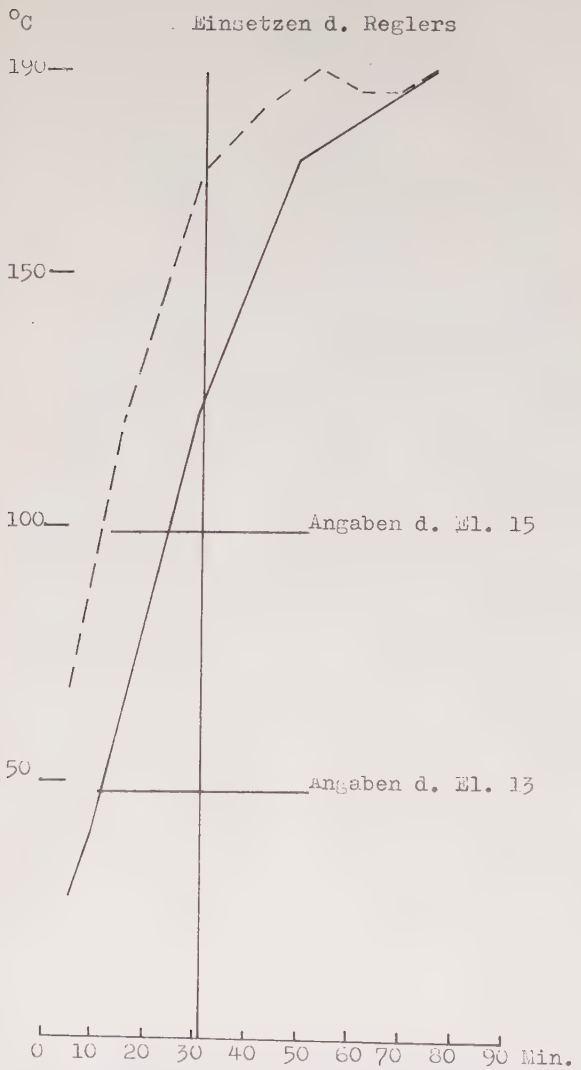

Abb.7 Temperaturverlauf an der ungünstigsten Meßstelle in der mit 150 g Zinkoxyd gefüll - ten Pulverbüchse (Nr.13) und an der Meßstelle im freien Luftraum (Nr.15).

In Tab. 5 sind die Temperaturmittel aus Tab. 4 noch einmal in Prozent der Einstelltemperatur angeführt. Dadurch werden die Meßwerte auch ohne Berücksichtigung der eingestellten Temperatur untereinander vergleichbar.

Konnte aus der Tab. 4 nicht ersehen werden, ob der Temperaturunterschied bei den Einstellungen auf 160° und 190° echt war oder ob er durch das spätere Einsetzen des Reglers vorgetäuscht war, so läßt die Tab. 5 erkennen, daß es sich hierbei um eine wahre Differenz handelt.

Wie schon bei den unter 1 beschriebenen Versuchen, zeigen die Angaben der beiden Thermoelemente in der Umgebung der Büchse mit durchschnittlich 91 % einen hohen Grad von Übereinstimmung mit den Angaben des Apparat - thermometers, die als 100 % anzusehen sind. Vergleicht man die Einzelwerte miteinander, so findet man eine bemerkenswerte Konstanz, die weder durch das Sterilisa - tionsgut noch durch die Höhe der eingestellten Temperatur beeinflußt wird.

Hierzu im Gegensatz stehen die in den drei Pulverarten ermittelten Werte. Mit 58 % der Einstelltemperatur bleiben die Temperaturen im Talkum zur Zeit der Messung weit hinter den Angaben des Apparatthermometers zurück. Dieser Betrag wird von den Temperaturen im Zinkoxyd geringfügig überschritten, während er von den Tem - peraturen in der Bolus alba noch nicht einmal erreicht wird.

Der Unterschied im Wärmeverlauf des Pulvers und der Luft ist in den Temperaturverlaufskurven besonders deutlich erkennbar (vgl. Abb.5, 6 und 7).

Wir müssen demnach Zinkoxyd als den besten Wärmeleiter betrachten, gefolgt von Talkum, während Bolus alba von allen drei Pulverarten die Wärme am langsamsten eindringen läßt.

Die Mittelwerte liefern naturgemäß nur eine grobe Orientierung über den allgemeinen Temperaturverlauf inner - halb der Pulver. Für den Erfolg einer Sterilisations -

maßnahme, die mit Hitze arbeitet, ist aber die Kenntnis des Temperaturverlaufs am ungünstigsten Punkt des Sterilisationsgutes von entscheidender Wichtigkeit. In einem homogenen Material, wie es die Pulver sind, liegt der ungünstigste Punkt am weitesten von allen Oberflächen, auf die die Heißluft unmittelbar einwirkt, entfernt. Diese Stelle wird in unseren Versuchen von Element 13 kontrolliert.

Die Angaben des Elements 13 beim Einsetzen des Reglers sind in der Tab. 6 in Prozent der Einstelltempera - tur eingetragen.

Tab. 6

Temperaturangaben in Prozent (%) der Einstelltemperatur an der ungünstigsten Stelle innerhalb des Pulvers beim Einsetzen des Reglers.

Angabe d.Apparatthermometers (=100%)	160°	170°	180°	190°
Talkum:				
Element 13	50	50	57	61
Mittelwert		54		
Bolus alba:				
Element 13	47	48	50	56
Mittelwert		50		
Zinkoxyd:				
Element 13	56	56	59	65
Mittelwert		59		

Liegen die Werte dieser Tabelle auch etwas tiefer als die Mittelwerte der Tab.5, so zeigen sie doch von Pulver zu Pulver die gleichen Unterschiede.
War die Beurteilung der Pulver in ihrer Qualität als Wärmeleiter, wie sie sich aus den Anteilen an der Ein - stelltemperatur ergab, richtig, so mußte sich ein gleiches Verhältnis auch in den Anwärmzeiten der drei Pul -

verarten wiederfinden. Die Anwärmzeiten der Pulver sind aus der Tab. 7 ersichtlich. Maßgebend für die Feststellung der Anwärmzeit des Pulvers ist allein der Zeitpunkt, in dem an der ungünstigsten Meßstelle innerhalb des Pu - ders die eingestellte Temperatur erreicht ist. Die Anzahl der Minuten, die bis zu diesem Zeitpunkt seit dem Ein - schalten der Apparatur verstrichen sind, wird von Tab.7 angegeben.

Tab. 7

Zeit in Minuten bis zum Erreichen der Einstelltemperatur an der ungünstigsten Stelle im Pulver.

Eingestellte Temperatur				160°	170°	180°	190°	Mittel
Talkum	El.	13	:	65	70	74	79	72
Bolus	"	"	:	79	79	90	89	84
Zinkox.	"	"	:	58	64	72	76	67

Standen die Prozentanteile von Talkum, Bolus und Zink - oxyd an den zu erreichenden Temperaturen beim Einsetzen des Reglers im Verhältnis 54:50:59, so finden wir bei den Anwärmzeiten eine Relation von 72:84:67. Daraus folgt, daß der weiße Ton, der beim erstmaligen Einsetzen des Thermostaten den geringsten Anteil an der Einstelltemperatur aufweist, auch die längste Zeit benötigt, bis er im Innern die eingestellte Temperatur erreicht hat. Umgekehrt gelangt die Temperatur im Zinkoxyd, das in Tab.6 den höchsten Anteil hatte, am schnellsten auf die er - wünschte Höhe.

3. Die zusätzliche Anwärmzeit der Pulver

In der Praxis kann der Temperaturverlauf nur in den seltensten Fällen durch Thermoelemente im Innern des Sterilisationsgutes verfolgt werden. Deshalb ist es wichtig, die Zeit zu kennen, die das Pulver länger als die Luft im Sterilisator benötigt, um auf die eingestellte Tempe - ratur zu gelangen. Diese Zeit wurde in unseren Versuchen gemessen.

Tab.8

Zeit in Minuten bis zum Erreichen der Einstelltemperatur an verschiedenen Meßstellen.

Eingestellte Temperatur :	160°	170°	180°	190°
Talkum:				
Apparatthermometer (R) :	20	21	25	29
Element 15 :	39	44	48	50
Element 13 :	65	70	74	79
Bolus alba:				
Apparatthermometer (R) :	22	22	25	33
Element 15 :	40	39	47	60
Element 13 :	79	79	90	89
Zinkoxyd:				
Apparatthermometer (R) :	20	23	25	31
Element 15 :	37	39	45	53
Element 13 :	58	64	72	76

Zusätzliche Anwärmzeit in Minuten.

Talkum:				
E 13 - R $^{+}$:	45	49	47	50
E 13 - E 15 $^{++}$:	26	26	26	29
Bolus alba:				
E 13 - R :	57	57	65	56
E 13 - E 15 :	39	40	43	39
Zinkoxyd:				
E 13 - R :	38	41	47	45
E 13 - E 15 :	21	25	27	23

E 13 - R : Differenz der Anwärmzeiten, bezogen auf die Angaben des Apparatthermometers.

E 13 - E 15 : Differenz der Anwärmzeiten, bezogen auf die Angaben des Elements 15.

Tab. 8 zeigt die Minuten, die vergehen, bis an verschiedenen Meßstellen die eingestellte Temperatur erreicht ist. Außerdem enthält Tab. 8 die Differenzen der Anwärmzeiten der Innenraumluft und des Pulvers, einmal bezogen auf die Angaben des Apparatthermometers, das anderemal auf die Angaben des Elements 15, das frei im Innenraum in Büchsenhöhe hing. Wie vorher gezeigt wurde, gibt das Apparatthermometer die gewünschte Temperatur schon als erreicht an, wenn im Pulver erst etwa die Hälfte des Temperaturanstiegs bewältigt ist, d.i. frühestens nach 20 Minuten, spätestens nach 33 Minuten. Dieser Augenblick war genau bestimmbar, da sich beim Einsetzen des Reglers ein Kontrollämpchen ausschaltete. Als schwieriger erwies sich die Registrierung des Zeitpunktes, in dem die Innenraumluft die erforderliche Temperatur erreicht hatte. Im freien Luftraum des Sterilisators wird diese Temperatur zunächst nur für kurze Zeitspannen eingehalten, weil einerseits die Wärme rasch von der Luft auf die Büchse und ihren Inhalt übergeht, andererseits bald der Temperaturregler einsetzt und die Heizung wieder abschaltet. Erst wenn der Thermostat den dadurch bedingten geringen Temperaturabfall registriert hat, setzt er die Heizung wieder in Gang. Auf diese Weise schaukelt sich die Lufttemperatur schließlich auf die eingestellte Höhe ein, behält sie konstant jedoch erst kurz bevor der Büchseninhalt an seiner ungünstigsten Stelle ebenfalls die Einstelltemperatur erreicht hat.
Die in Tab. 8 angegebenen Zeiten beziehen sich auf den Augenblick, in dem das Element 15 zum e r s t e n m a l die eingestellte Temperatur anzeigte.
In den beigefügten Temperaturverlaufskurven kommt dieses Schaukeln der Lufttemperatur nicht zum Ausdruck, weil die Zeitintervalle, in denen die Messungen vorgenommen wurden, zu groß waren, um diese kurzfristigen Schwankungen sichtbar werden zu lassen.

4. Die Anwärmzeit der Pulver im vorerhitzten Heißluft - gerät

In einer Arbeit über die Heißluftsterilisation von Ölen hatten J A N O T und R U O S S (19) schon auf die Möglichkeit einer Abkürzung der Sterilisationsprozedur durch die Vorerhitzung des Heißluftschrankes hingewie - sen. Für Öle ergaben sich Zeitgewinne von mehr als einer Stunde. Selbstverständlich geht die Zeitersparnis nur zu Lasten der Anwärmzeit; die eigentliche Sterilisations - zeit ist durch die Hitzeresistenz der bei den Versuchen benutzten Testkeime ein- für allemal festgelegt.

In einer weiteren Versuchsreihe übertrugen wir das Verfahren von J A N O T und R U O S S auf die Pudersterilisation. Die Dose mit der üblichen Menge Pulvers wurde kalt in den auf 190° erhitzten Apparat gestellt. Es wurde die Zeit gemessen, die vergeht, bis das im Innern des Pulvers gelegene Element 13 die gewünschte Temperatur anzeigte. Je nach der zu erreichenden Temperaturhöhe stellten wir den Regler nach 5 Minuten auf 160°, nach 10 Minuten auf 170°, nach 15 Minuten auf 180° zurück. Diese Zeiten reichten aus, um einen Ausgleich herbeizuführen, so daß die Pulvertemperatur nicht weiter als bis zur vorgesehenen Höhe anstieg.
Die dazu erforderlichen Anwärmzeiten im Vergleich mit denjenigen ohne Vorerhitzung des Apparates sind aus der Tab. 9 ersichtlich.

Tab. 9

Anwärmzeiten bei Vorerhitzung des Sterilisators auf 190°. (Zum Vergleich die Werte ohne Vorer - hitzung in Klammern).

Temperatur	Talkum	Bolus	Zinkoxyd
160°	23 (65) min.	44 (79) min.	25 (58) min.
170°	35 (70) "	50 (79) "	28 (64) "
180°	40 (74) "	62 (90) "	37 (72) "
190°	55 (79) "	73 (89) "	53 (76) "

Die Zeitgewinne gegenüber der Erhitzung im anfänglich kalten Heißluftgerät betragen für die Erwärmung der Puder auf 160°, 170° und 180° meist mehr als eine halbe Stunde, für die Erhitzung auf 190° 15-25 Minuten. Dieser Unterschied ist dadurch bedingt, daß bei den erstgenannten Temperaturhöhen ein Zeit- und Temperaturvorsprung der Innenraumluft ausgenutzt wird, während für die Erhitzung auf 190° nur ein Zeitvorsprung zur Verfügung steht, da der Apparat - wie schon erwähnt - nicht höher als auf 190° eingestellt werden konnte.

5. Hauptversuch

Nachdem in den vorangegangenen Versuchen der Wärmeverlauf in den Pulvern kontrolliert worden war, gingen wir nun dazu über, die mit Sporenerde verunreinigten Puder der trockenen Hitze verschieden lange auszusetzen. Im folgenden sind die Ergebnisse unserer Sterilisationsversuche mit den verschiedenen Pulverarten aufgezeichnet. Die Abbildungen geben die Anzahl und das Resultat der Sterilisationsgänge wieder.

Talkum:

Die Vorproben aus dem unbehandelten Pulver wiesen starkes Bakterienwachstum auf. Das mikroskopische Präparat zeigte Kokken, Stäbchen von unterschiedlicher Dicke und Länge sowie zahlreiche Sporen.

Abb. 8 unterrichtet darüber, bei welcher Temperatur - Zeit-Kombination aus dem mit Sporenerde verunreinigten Talkum keine Keime mehr gezüchtet werden konnten.

Die Sterilisationszeiten stehen in keinem sinnfälligen Verhältnis zueinander, etwa dem einer geometrischen Progression. Die Quotienten zweier aufeinanderfolgender Glieder in der Reihe der Sterilisationszeiten nehmen mit ansteigender Temperatur an Größe zu (130 : 70 = 1,86; 70 : 20 = 3,5; 20 : 2 = 10,0).

Die Abb.8 zeigt, wie sehr die erforderlichen Einwirkungszeiten bei Herabsetzung der Temperatur ansteigen. Wenn die Abtötungszeit bei 190°C mit 2 Minuten angenommen wird, so benötigen wir bei 180°C das Zehnfache, bei 170°C das 35fache, bei 160°C das 65fache an Zeit, um das Talkum steril zu erhalten.

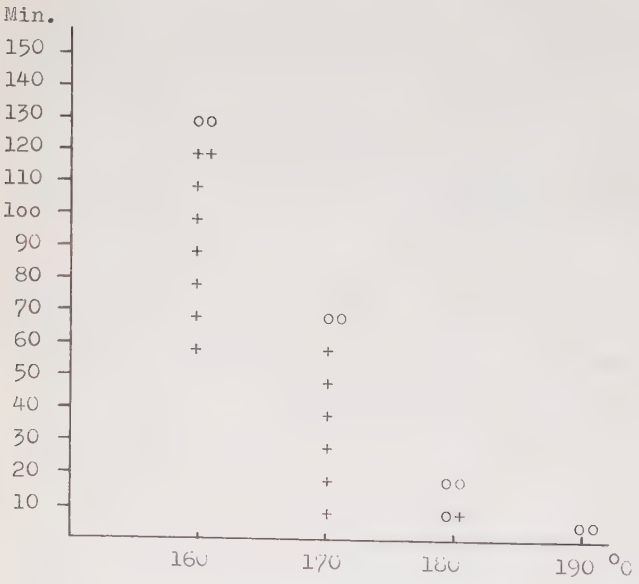

Abb. 8 Abtötungszeiten für Sporenerdekeime in Talkum in Abhängigkeit von der Temperatur.
(o = alle Proben steril; + = Wachstum in einem oder in mehreren Kölbchen)

Bolus alba:

Die Vorproben aus den frisch geöffneten Lieferungen zeigten durchweg starkes Mikrobenwachstum. Auf der Bouillon war eine kräftige Kahmhaut ausgebildet. Nach Anfertigung eines mikroskopischen Präparates und Färbung nach GRAM und KLEIN waren deutlich Sporen erkennbar.

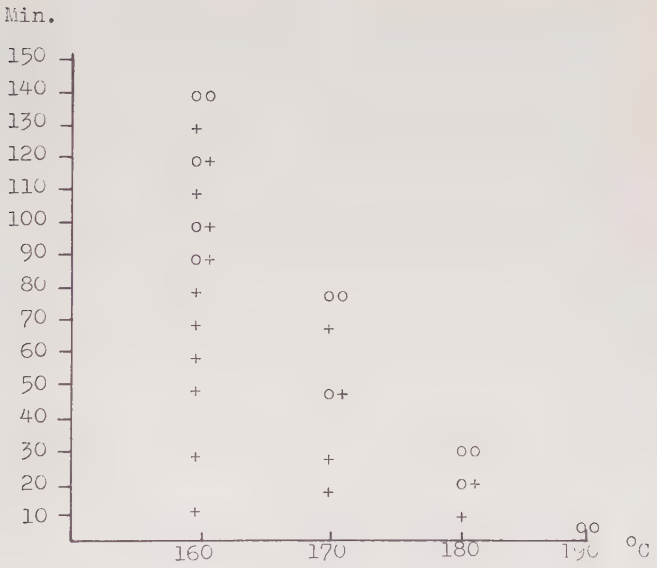

Abb.9 Abtötungszeiten für Sporenerdekeime in Bolus alba in Abhängigkeit von der Temperatur.

(o = alle Proben steril; + = Wachstum in einem oder in mehreren Kölbchen)

Wie aus Abb.9 ersichtlich, brachten die Sterilisationsversuche mit Bolus nichts grundsätzlich Neues. Die Sterilisationszeiten für Bolus liegen stets um 10 Minuten über denjenigen des Talkums. Der Unterschied braucht jedoch nicht so groß zu sein, da in unseren Versuchen Zeitsprünge von 10 Minuten gemacht wurden.
Nach mehreren Versuchen mit kürzeren Einwirkungszeiten trafen wir schon auf sterile Chargen, so daß zuerst mit kürzeren Sterilisationszeiten als beim Talkum gerechnet wurde; in allen diesen Fällen trat aber bei den Kontrollversuchen Wachstum auf.

Zinkoxyd:

Die unmittelbar aus den Lieferpackungen entnommenen Vorproben zeigten auch nach dreiwöchiger Bebrütung in Bouillon kein Wachstum. Mit 1 % Sporenerde vermischte Zinkoxydproben verursachten in der Bouillon nach 24-stündiger Inkubation eine starke Trübung. Aus der Subkultur konnten verschiedene sporenbildende Keime für die mikroskopische Nachprüfung gewonnen werden.

Eingedenk der langen Sterilisationszeiten für Talkum und Bolus in den tieferen Temperaturbereichen begannen wir mit Einwirkungszeiten von 80 und 130 Minuten bei 160°C und 60 und 30 Minuten bei 170°C. Auf diese Weise dachten wir, uns der für den Bakterientod eben ausreichenden Einwirkungszeit von zwei Seiten zu nähern.
Zu unserer Überraschung blieben jedoch - wie aus Abb.10 hervorgeht - selbst nach der als unterste Grenze vermuteten Einwirkungsdauer alle Pulverproben steril.
Da wir es bei Talkum und Bolus alba mit von vornherein unsterilen Pudern zu tun hatten, Zinkoxyd dagegen steril war, versuchten wir, die Verhältnisse der beiden erstgenannten Pulverarten ungefähr nachzuahmen, indem wir dem Zinkoxyd einmal 2 %, das anderemal 3 % Sporenerde zusetzten. Auf diese verstärkt verunreinigten Chargen ließen wir 40 Minuten lang 160° einwirken, eine Temperatur-Zeit-Kombination, mit der Talkum und Bolus mit

1 % Sporenerde nicht sterilisiert werden konnten. Bei allen Zinkoxydproben, die einer derart kurzen Sterilisationszeit ausgesetzt waren, blieb die damit beimpfte Bouillon steril.

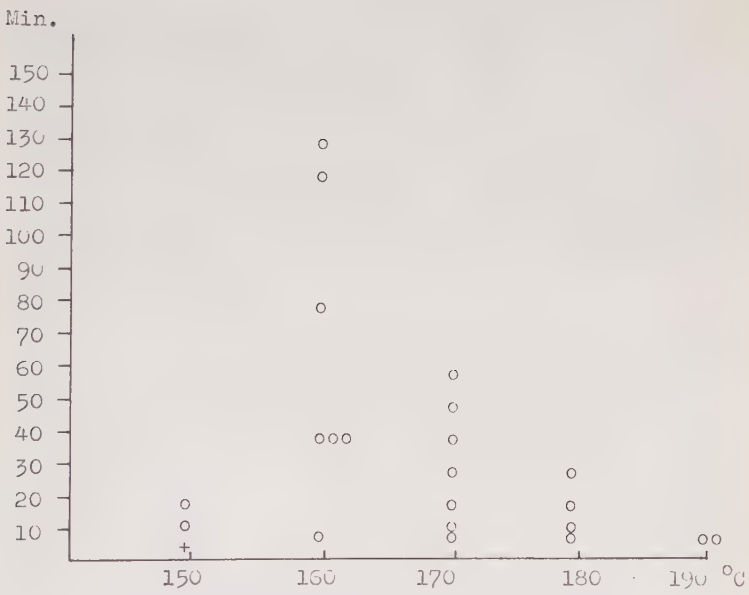

Abb.10 Scheinbare Abtötungszeiten für Sporenerdekeime in Zinkoxyd in Abhängigkeit von der Tempe - ratur.

(o = alle Proben steril; + = Wachstum in einem oder in mehreren Kölbchen)

Als Nächstes senkten wir die Höhe der einwirkenden Temperatur auf 150°. Nach der kürzestmöglichen Einwirkungszeit von etwa 2 Minuten trat in allen Kölbchen Wachstum auf. Aber schon nach einer Sterilisations - zeit von 10 und 20 Minuten blieb die mit den Pulverproben beimpfte Bouillon wieder klar, die Subkulturen zeigten kein Wachstum.

Da schon an anderer Stelle auf eine gering desinfizierende Wirkung des Zinkoxyds hingewiesen worden war (5), bemühten wir uns, einen etwaigen bakteriostati - schen Effekt der Zinkoxydsuspension in Bouillon sichtbar zu machen.

a) Drei Bouillonnährböden wurden direkt mit Sporenerde beimpft, ebenso drei Bouillonproben, die bereits 14 Tage lang mit der üblichen Menge Zinkoxyd versetzt waren. In je zwei der Kölbchen (1 u.2) wurden nur Spuren der Gartenerde, d.h. wenige Erdkörnchen, verimpft, während je eins (3) mit einer ganzen Öse voll Sporen - erde contaminiert wurde; Tab. 10 gibt das Ergebnis dieser Untersuchung wieder (Ablesung nach 48 Stunden).

Tab. 10

Einfluß von Zinkoxyd auf das Wachstum von Sporenerdekeimen in Bouillon.

	Bouillon	Bouillon + ZnO
Kölbchen 1	++	-
Kölbchen 2	++	+
Kölbchen 3	++	++

++ : Wachstum schon in der Bouillon an intensiver Trübung erkennbar.

\+ : Bouillon klar; geringes Wachstum in der Subkultur.

\- : Kein Wachstum.

b) Die zweitägige Bouillonkultur der Sporenerdekeime benutzten wir für einen Kontrollversuch. Es wurde je

1 cm^3 der Kultur in 6 Kölbchen, von denen 3 normale und 3 mit Zinkoxyd versetzte Bouillon enthielten, gebracht. Nach 2 Tagen Inkubation war die normale Bouillon in allen drei Kölbchen getrübt und mit einer dünnen Kahmhaut versehen. Die Zinkoxyd-Bouillon war klar. Die Subkulturen aus Bouillon ergaben starke Koloniebildung auf jedem Impfstrich, während sich auf den Platten,die aus der Zinkoxyd-Bouillon beimpft waren, nur vereinzelt kleine Kolonien fanden.

c) In einem dritten Versuch wurden 0,1 cm^3 einer Bouillonkultur von Staphylococcus sureus, Pseudomonas pyocyanea, Escherichis coli, Bacillus subtilis und unserer Sporenerdekeime auf Agarplatten ausgespatelt. In die Mitte der beimpften Agarplatten setzten wir einen Tropfen Bouillon, in der die übliche Menge Zinkoxyd suspendiert war. Nach zweitägiger Bebrütung war bei den vegetativen Keimen kein Einfluß des Zinkoxyds auf das Wachstum der Bakterien zu erkennen. Die Sporenerdekeime ließen einen ca. 2 mm breiten Hof um die aufgetropfte Zinkoxydaufschwemmung frei.

Nach diesen Versuchen erschien eine wachstumshemmende Wirkung des Zinkoxyds auf die Keime in der Sporenerde wahrscheinlich; es wurde daher von der Ermittlung der Abtötungszeiten bei tieferen Sterilisationstemperaturen abgesehen, da sie für die Praxis ohne Wert sein würden. Die Ergebnisse aus den Sterilisationsversuchen mit Talkum und Bolus lassen vermuten, daß auch in den Zinkoxydproben nach kurzer Einwirkungszeit bei 160 und 170° noch lebende Keime vorhanden sind, obwohl die mit ihnen beimpften Nährböden kein Wachstum zeigten.

Bei Züchtungsversuchen in anaeroben Nährmedien nach Einwirkung von 180°C ließen sich selbst nach sehr kurzer Sterilisationszeit - ca. 2 Minuten - keine anaeroben Keime nachweisen. Die aeroben Kontrollen zeigten nach einer Einwirkungszeit von 2 und 10 Minuten für Talkum und nach 2,10 und 20 Minuten für Bolus noch Bakterienwachstum.

Da unter aeroben Bedingungen noch nach längeren Sterilisationszeiten Sporenbildner ausgewachsen waren, ist damit zu rechnen, daß die Anaeroben in der von uns verwendeten Testerde eine geringere Thermoresistenz aufweisen als die darin enthaltenen Aerobier. Dieselbe Beobachtung machten K u B I S C H und H E R T W I G (39) bei der Untersuchung der Hitzeresistenz der Sporen im Stuhl von Tieren und Menschen.
Schließlich konnten auch nach den Sterilisationszeiten, die zur Abtötung der aeroben Keime im Talkum geführt hatten (130 Min. bei 160°C, 70 Min. bei 170°C und 20 Min. bei 180°C), keine Anaerobier mehr aus dem Talkum gezüchtet werden.
Es wurde deswegen von einer weiteren Prüfung auf Anaerobier bei den Sterilisationsversuchen abgesehen.

Diskussion

1. Der Begriff der zusätzlichen Anwärmzeit bei verschiedenen Autoren

Die Zeit, die verstreicht, bis die Wärme der Innenraumluft auf den ungünstigsten Punkt im Sterilisationsgut übergegangen ist, wird von M U N T S C H (26) Eindringungsdauer, von O E S T E R L E (27a) Hinke- oder Ausgleichzeit, von H Ö R L E R (17) zusätzliche Anwärmzeit genannt.

Diese zusätzliche Anwärmzeit ist von der Größe und Leistung des Heißluftgerätes, der Art und dem Rauminhalt des verwendeten Gefäßes und dem Gewicht des zu sterilisierenden Pulvers abhängig.
Obwohl von den drei oben angeführten Autoren grundsätzlich das gleiche Phänomen gemeint ist, wird es doch nicht übereinstimmend definiert. Dieser Umstand ist zum Teil dadurch erklärt, daß die ersten Untersucher noch mit Apparaten ohne automatische Temperaturreglung arbeiten mußten.

M U N T S C H bemißt die Eindringungsdauer von dem Zeitpunkt, in dem das im Innenraum ausgelegte Thermoelement 150° anzeigt, bis zum Moment, in dem diese Temperatur von der am ungünstigsten Punkt im Pulver gelegenen Meßstelle angegeben wird. Jetzt erst wird die (Gas-) Heizung gedrosselt. Inzwischen ist die Temperatur der Innenraumluft auf 190° gestiegen und erwärmt das Pulver an der ungünstigsten Meßstelle während der Sterilisationszeit noch um weitere 24° auf 174°.
O E S T E R L E beheizt seinen Heißluftschrank solange, bis die Temperatur an der Meßstelle im freien Innenraum 200° erreicht hat. Jetzt beginnt für ihn die Ausgleichzeit, die solange dauert, bis die ungünstigste Meßstelle - nicht 200°C, sondern 180°-anzeigt.
Während O E S T E R L E jedoch ein frei im Innenraum hängendes Element für die Kontrolle der Lufttemperatur verwendet, befestigte M U N T S C H das Element, das diese Auf -

gabe erfüllen sollte, an dem Blech, auf dem die Pul - verbüchsen standen. Ein solches Element war auch bei den Versuchen von O E S T E R L E sowie bei den eigenen vorhanden; es zeigte in beiden Fällen die gewünschte Temperatur viel früher an als das freihängende.

H Ö R L E R kontrolliert den Wärmeverlauf mit Thermometern. Über die Temperatur der Innenraumluft gibt das Apparatthermometer Auskunft, über diejenige des Sterilisationsgutes ein durch das Entlüftungsrohr eingeführtes zweites Thermometer, welches in das Pulver ein - taucht. H Ö R L E Rs Versuchsbeschreibung gibt keinen Anhaltspunkt dafür, ob seine Temperaturkontrolle an der ungünstigsten Meßstelle innerhalb des Pulvers erfolgte.

Die üblichen Pulverbüchsen dürften in der Praxis wohl immer bis kurz unter den Rand gefüllt zur Sterilisa - tion gelangen. Wir bemühten uns, diesem Umstand bei unseren Versuchen gerecht zu werden und fanden dabei, daß 150 g Pulver etwa dem obengenannten Füllungsgrad ent - sprachen. M U N T S C H, O E S T E R L E und H Ö R - L E R geben zwar die Raummaße der von ihnen verwendeten Gefäße an, nicht aber das Gewicht des darin enthaltenen Pulvers. Nach unseren Erfahrungen ist es möglich, einen Puder so einzuschütten, daß 100 cm^3 von 100 g Substanz eingenommen werden; stößt man das Gefäß jedoch mehrmals mit dem Boden gegen eine feste Unterlage, so lassen sich - abhängig vom spezifischen Gewicht des jeweiligen Pulvers - unschwer noch weitere 50-75 g in dem gleichen Raum unterbringen. Das Wärmeleitvermögen pulverförmiger Substanzen wird von ihrer Dichte beeinflußt: ein locker eingefülltes Pulver schließt wesentlich mehr Luft in sich ein als ein festgeschütteltes. Gase aber sind besonders schlechte Wärmeleiter.
Diese Verhältnisse sind anscheinend von den obengenannten Untersuchern nicht für bedeutsam erachtet worden, da sie in ihren Veröffentlichungen nicht darauf eingegangen sind. Beim Vergleich ihrer Ergebnisse mit den unseren, wie sie in den Tabellen 11 und 12 angegeben werden, las -

sen sich deshalb gewisse Unsicherheiten nicht ausschliessen. Als Maßstab für den Wärmeverlauf im Pulver bei den verschiedenen Untersuchern dient der Prozentanteil der Pulvertemperatur an der Höhe der Lufttemperatur im Moment, in dem diese 160° erreicht hat.

Tab. 11

Pulvertemperaturen in Prozent der Lufttemperatur bei verschiedenen Autoren (160° = 100 %)

MUNTSCH	HÖRLER		Eigene Untersuchungen		
Talkum	Talkum	Bolus	Talkum	Bolus	ZnO
76	87	81	50	47	56

Die Prozentzahlen lassen eine besonders kurze zusätzliche Anwärmzeit in den Versuchen von M U N T S C H und H Ö R L E R vermuten, da die Pulvertemperatur im Zeitpunkt der Messung bei M U N T S C H nur 24 %, bei H Ö R L E R nur 13 bzw. 19 % unter der Temperatur der Innenraumluft liegt.
Tab. 12, in der die von verschiedenen Untersuchern ermittelten zusätzlichen Anwärmzeiten von Pulvern synoptisch eingetragen sind, gibt dieser Vermutung aber nur in bezug auf die Ergebnisse von M U N T S C H recht.

Tab. 12

Zusätzliche Anwärmzeit einiger Untersucher in Minuten. (Lufttemperatur = 160°)

MUNTSCH	HÖRLER		Eigene Untersuchungen		
Talkum	Talkum	Bolus	Talkum	Bolus	ZnO
22	45	50	45 (26)+	57 (39)	38 (21)

+ In Klammern: Diesen Zeiten liegen die Angaben des frei im Innenraum hängenden Thermoelements zugrunde, den darüberstehenden die Angaben des Apparatthermometers.

Die schnelle Erwärmung des Talkums in den Versuchen von MUNTSCH erklärt sich daraus, daß die Heizung seines Sterilisators nicht durch einen Regler abgeschaltet wurde, als das Apparatthermometer 160° anzeigte, wie es in HÖRLERs und unseren Versuchen der Fall war. Der Unterschied in den Angaben HÖRLERs im Vergleich mit unseren Ergebnissen in Tab. 11 und die Übereinstimmung in Tab. 12 kann nur durch einen flacheren Verlauf der Temperaturkurve HÖRLERs und dieser wiederum nur durch eine geringere Heizkraft des von ihm benutzten Heißluftgerätes erklärt werden. Diese Angaben besagen nämlich, daß für die Erwärmung des Talkums von 139° bei HÖRLER und von 80° in unseren Versuchen auf 160° in beiden Fällen 45 Minuten benötigt werden. Aus allen bisher vorgenommenen Versuchen des Vergleichs unserer Ergebnisse mit denen anderer Autoren geht hervor, wie wichtig eine einheitliche Prüfungsmethodik ist, und daß die von uns ermittelten Resultate nur für ein Vorgehen, das mit dem unseren identisch ist, Gültigkeit haben können, eine Einsicht, die sich im folgenden noch stärker bewahrheitet.

2. Vergleich der Sterilisationszeiten einiger mit Heißluft arbeitender Untersucher

Versteht man unter Sterilisationszeit die Dauer des Erhitzens von dem Zeitpunkt an, in dem im Innern des Sterilisationsgutes die vorgeschriebene Temperatur erreicht ist, wie es das DAB 6 fordert, so müßten alle Untersucher - gleichgültig, welches Sterilisationsgut geprüft wird - gleiche Sterilisationszeiten erhalten.

Diese Hypothese legt auch GSTIRNER (13) zugrunde, wenn er, ausgehend von den Ergebnissen SCHINZELs (32), die - seiner Meinung nach zu langen - Sterilisationszeiten, wie sie in den Pharmakopoeen vorgeschrieben werden, in Frage stellt. Die bisher erhaltenen Ergebnisse einiger anderer Autoren geben

der Auffassung G S T I R N E R s recht (vgl.Tab.13). Dies ist umso erstaunlicher, als S C H I N Z E L für seine Versuche Kultursporen von Subtilis-, Mesentericus- und Vulgatusstämmen benutzt hat, die bekanntlich weniger thermoresistent sind als native Erdsporen (eine Auffassung, die nicht unwidersprochen geblieben ist (34 b).

Die in eigenen Versuchen gewonnenen Resultate lassen es denn auch ratsam erscheinen, von einer Kürzung der vorgeschriebenen Einwirkungszeiten abzusehen.

Tab. 13

Vergleich der Sterilisationszeiten mehrerer Untersucher (Sterilisationszeiten in Minuten)

Autor	Testmaterial u.Sterilisationsgut	Sterilisationstemperatur 150°	160°	170°	180°	190°
MUNTSCH+ (1931)	Sporenerde Talkum	30.....				
SCHINZEL (1934)	Kultursporen	73	33	15	7	3
OESTERLE+ (1935)	Sporenerde Talkum				20.....	
ECKER-SMITH (8) (1937)	Gartenerde		30	15		
HETTCHE (16) (1938)	Gartenerde Instrumente		10	7		
ROEMER (30) (1954)	Erdsporen		35	20		
BINGEL (1958)	Sporenerde	60	20	6	2	
WHITE-JEFFREY(37) (1958)	kolloidales Hafermehl		7			
Eigene Versuche	Talkum		130	70	20	2
	Bolus Sporenerde		140	80	30	2

+ Die Sterilisationszeiten bei M U N T S C H und O E S T E R L E erstreckten sich über mehrere Temperaturstufen,was durch die Punkte angedeutet ist.

Die Sterilisationszeiten von S C H I N Z E L, E C K E R- S M I T H und R O E M E R sind fast miteinander identisch. Die Sterilisationszeiten H E T T C H E s und B I N G E L s stimmen nur bei 170° überein. Die von uns ermittelte Einwirkungszeit für Talkum ist die gleiche wie die von O E S T E R L E angegebene, wobei jedoch zu beachten ist, daß O E S T E R L E s Sterilisationszeit sich über mehrere Temperaturstufen erstreckt, während der Puder in unseren Versuchen möglichst konstant auf der eingestellten Temperatur gehalten wurde. Die Temperatur in O E S T E R L E s Versuchen betrug am Ende der Einwirkungszeit am ungünstigsten Punkt im Talkum 189°. Außerdem geht aus seiner Veröffentlichung nicht hervor, ob er auch Versuche mit kürzeren Sterilisationszeiten unternommen hat. Die gleichen Vorbehalte gelten für die Angabe von M U N T S C H.

So stehen die von uns ermittelten langen Einwirkungszeiten den viel kürzeren der anderen Untersucher gegenüber. Bei einer Temperatur von 160° besteht ein Unterschied von 100-120 Minuten. W H I T E und J E F F - R E Y fanden ihr Hafermehl, das als Gleitmittel für Operationshandschuhe diente, sogar schon nach 7 Minuten bei 160° steril, eine Einwirkungszeit, die S C H I N - Z E L für seine Kultursporen erst bei einer Temperatur von 180° erreicht. Aus ihrer Veröffentlichung ist jedoch nicht zu ersehen, ob sie das Mehl vorher mit Sporenerde verunreinigt hatten.
Erst bei der für unsere Apparatur höchsten Temperatur von 190° stimmen die eigenen Ergebnisse mit den Zeitangaben von S C H I N Z E L überein. Die Sterilisationszeit ließ sich bei unserem Verfahren für diese Temperatur nicht präzisieren; zeigte die Meßstelle 13 190° an, so wurde der Schrank sofort geöffnet, Deckel, Streueinsatz und die daran befestigten Elementzuleitungen entfernt und die Büchse herausgenommen. Die Zeit, die dabei verstreicht (ca.2 Minuten) ist noch als Sterilisationszeit anzusehen.

Will man von technischen Fehlern absehen, so lassen sich die starken Abweichungen in den Angaben über die notwendige Abtötungszeit nur durch die Verwendung unterschiedlich thermoresistenter Testkeime erklären. Diesem Umstand kommt deswegen größere Bedeutung zu, weil mit ihm bei der Aufstellung allgemeingültiger Vorschriften gerechnet werden muß(vgl.34a u.b).

3. Die Bedeutung der gefundenen Ergebnisse für die Praxis

Die Sterilisation von Pulvern unter Zugrundelegung ihrer Verunreinigung mit hochthermoresistenten Erdkeimen ist nach den in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnissen erst bei Temperaturen von 180° und 190° wirtschaftlich und praktisch tragbar. Bei der Untersuchung von Absterbekurven mit Heißluft behandelter Erdsporen war B I N G E L zu der Auffassung gelangt, 160° sei die Temperatur, von welcher an mit praktisch tragbaren Sterilisationszeiten gerechnet werden könne. Die eigenen Experimente können diese Ansicht nicht bestätigen.

Zu einer Sterilisationszeit von 130-140 Minuten bei 160° kamen in unseren Versuchen noch 65-80 Minuten Anwärmzeit, die durch Vorerhitzung des Sterilisators auf 24-45 Minuten reduziert werden konnte. Insgesamt ist also mit einer Erhitzungsdauer von mindestens 155-185 Minuten zu rechnen, um 150 g Talkum bzw. Bolus alba bei 160° zu sterilisieren.
Die Gesamterhitzungsdauer beträgt unter diesen Bedingungen bei 180° 60-80 Minuten, bei 190° 60-75 Minuten. Die Zeiten sind bei beiden Temperaturen im vorerhitzten Apparat die gleichen, da die Summe von Anwärmzeit und Sterilisationszeit bei beiden Temperaturen die gleiche ist.
Wird ein nicht vorerhitzter Apparat zur Sterilisation benutzt, so verlängert sich die Gesamterhitzungsdauer infolge der längeren Anwärmzeiten. Für die Sterilisation von 150 g Talkum im nicht vorerhitzten Heißluft-

gerät sind dann bei einer Einstellung auf 180° 100 Minuten, bei einer Einstellung auf 190° 80 Minuten Heizdauer nötig; für die Sterilisation einer gleichen Menge Bolus alba unter den gleichen Bedingungen benötigt man 120 Minuten Heizzeit bei einer Einstellung auf 180° und etwa 90 Minuten bei einer Einstellung auf 190°.

Das Apparatthermometer zeigte in unseren Versuchen bei nicht vorerhitztem Apparat die Einstelltemperatur von 180° nach durchschnittlich 25 Minuten an, die Einstelltemperatur von 190° nach durchschnittlich 30 Minuten (vgl. Tab. 8). Für die Praxis ergibt sich daraus, daß die Sterilisation von 150 g Talkum 75 Minuten bei 180° oder 55 Minuten bei 190° weiterer Erhitzung bedarf, nachdem das Apparatthermometer die eingestellte Temperatur angezeigt hat; für Bolus lauten diese Zeiten 95 Minuten bei 180° und 60 Minuten bei 190°.
Alle Zeitangaben verstehen sich ohne Zugabe einer Sicherheitsspanne zu den ermittelten Sterilisationszeiten.

Zusammenfassung:

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, die Möglichkeiten und Besonderheiten der Heißluftsterilisation von Pudern darzustellen und anhand experimentell gewonnener Ergebnisse zu erläutern.

1. Für die Temperaturmessung an verschiedenen Stellen im Innern des Heißluftgerätes und in mit Pulver gefüllten Büchsen wurden Thermoelemente verwendet.

2. Es wurde der Temperaturanstieg in drei Pulverarten untersucht; er geht in der Bolus alba am langsamsten vor sich, im Talkum rascher, am schnellsten im Zinkoxydpuder.

3. Der Grad der Übereinstimmung zwischen den Angaben der Thermoelemente und denjenigen des Apparatthermometers wurde kontrolliert; es zeigte sich, daß im Moment, in dem das Apparatthermometer die eingestellte Temperatur als erreicht angibt, in der Innenraumluft des Ste -

rilisators etwa 90 %, in der mit Pulver gefüllten Dose jedoch erst 50-60 % des Wärmeanstiegs erfolgt waren.

4. Es wird auf eine Methode hingewiesen, die es ermöglicht, die langen Anwärmzeiten für die Puder abzukürzen; sie besteht darin, den Heißluftschrank vor der Beschickung mit der Puderbüchse auf 190°C zu erhitzen und - falls notwendig - den Regler nach bestimmter Zeit auf die Sterilisationstemperatur einzustellen. Abhängig von der Höhe der zur Einwirkung kommenden Temperatur konnten auf diese Weise Zeitgewinne von 15-40 Minuten erzielt werden.

5. Zur Ermittlung der kürzestmöglichen Sterilisationszeiten wurden die Pulver unterschiedlich hohen Temperaturen verschieden lange ausgesetzt. Dabei erwies sich das Pulver nach folgenden Zeiten als steril:

Talkum	- 130 Min.	bei 160°C,
	70 "	" 170°C,
	20 "	" 180°C,
	ca. 2 "	" 190°C.
Bolus alba	- 140 Min.	bei 160°C,
	80 "	" 170°C,
	30 "	" 180°C,
	ca. 2 "	" 190°C.

Die Sterilisationszeit gilt von dem Zeitpunkt an, in dem das Sterilisiergut an seiner für die einwirkende Hitze am unzugänglichsten gelegenen Stelle die gewünschte Temperatur erreicht hat.

Für Zinkoxyd konnten keine maßgebenden Sterilisationszeiten ermittelt werden, da dieses Pulver - in Nährbouillon gebracht - einen hemmenden Einfluß auf das Wachstum der in der Sporenerde vorkommenden Keime hat.

Nach dem Ergebnis der thermoelektrischen Untersuchungen kann man jedoch etwa die gleichen Abtötungsbedingungen wie für Talkum annehmen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ADAM, W. - BEHRMANN, E. — Unsere Erfahrungen bei der Prüfung von Heißluftsterilisationsapparaten. Münch. med.Wschr. 98, 196. 1956

2. BAERTHLEIN, K. — Der VONDRANsche Heißluftapparat und seine Wirkungsweise gegenüber Läusen, Nissen und bakteriellen Keimen. Zbl. Bakt. I. O. 78, 527, 1916

3. BERGER, I. — Sterilisationsversuche mit Äthylenoxyd. Inaug.Diss.Med.Fak. Freie Universität Berlin 1961.

4. BINGEL, K.F. — Absterbekurven größerer Temperatur-Zeitbereiche von vegetativen Keimen und Sporen unter Einwirkung feuchter oder trokkener Hitze und ihre gegenseitigen Beziehungen. Arch. Hyg. 142, 26, 1958

5. v.CZETSCH-LINDENWALD, H. SCHMIDT-LA BAUME, F. — Salben-Puder-Externa. Springer 1950, Berlin-Göttingen-Heidelberg

6. DEUTSCHES ARZNEIBUCH, 6.Ausgabe. — 3. Nachtrag, Ziff.17,1959

7. DEVENISH, E.A. MILES, A.A. — Control of staphylococcus aureus in an operating-theater. Lancet 1939/I. 1088

8. ECKER, E.-SMITH, R. — Sterilizing surgical instruments and utensils. Modern Hosp. 48, 86,1937

9. FISCHER, A.- SCHMIDT,H. — Fragen zur Neugestaltung des Artikels 17 des DAB 6. Die pharm.Ind. 17, 83,1955

10. GEWALT, R.-FISCHER, E.
Ein neues Gerät zur Sterilisation mit gespanntem Äthylenoxyd.
Münch.med.Wschr. 101, 563, 1959

11. GILLISSEN, C.
Die Bedeutung von Handschuhpuder in der Chirurgie.
Der prakt.Desinfektor 45, 240, 1953

12. GIRDLESTONE, G.R.
Infection of clean surgical wounds by the surgeon and from the air.
Lancet 1951/I. 597

13. GSTIRNER, F.
Sterilisationsmethoden im 3.Nachtrag zum DAB 6.
Arch. Pharm. 291, 125

14. HANNE, R.
a) Über Heißluftsterilisatoren.
Dtsch.med.Wschr. 63, 1659, 1937

b) Kann die Leistung der Heißluftsterilisatoren im Krankenhausbetriebe als zufriedenstellend angesprochen werden?
Med. Welt 10, 945, 1936

15. HERTWIG, F.-HORN, H.
Der physikalische und biologische Test zur Prüfung von Sterilisatoren.
Dtsch.Ges.Wesen. 25, 1321, 1960

16. HETTCHE, H.O.
Die Prüfung von Trockensterilisatoren.
Arch.Hyg. 120, 129, 1938

17. HÖRLER, TH.
Beitrag zur Problematik der Sterilisation im Trockenschrank.
Festschr.P. CASPARIS 105, 1949

18. HELLENBACH, H.
FROMME, W.
Der Handschuhsaft,Klin. und bakteriologische Beiträge zur peritonealen Wundinfektion.
Zbl. Gyn. 48, II/1912

19. JANOT, M.M.
RUOSS, L.
Contribution à l'étude de l'obtention des solutés huileux injectables et du contrôle de leur stérilité.
Pharm.acta Helv. 291, 27, 1954

20. KONRICH, F.
a) Die bakterielle Keim - tötung durch Wärme.
Enke 1938, Stuttgart

b) Über thermoelektrische Wärmemessung mittels des Dromotherm.
Zbl.Bakt. I. O. 126, 307, 1932

21. LAMMERS, TH.
GEWALT, R.
Ein neues Sterilisationsverfahren mit gespanntem Äthylenoxyd.
Zschr.Hyg. 144, 350,1958

22. LEWITH, S.
Über die Ursache der Widerstandsfähigkeit der Sporen gegen hohe Temperaturen.
Ein Beitrag zur Theorie der Desinfektion.
Arch. exp.Path.Pharmakol. 26, 341, 1890

23. LIEB, F.
Zur Trockensterilisa - tion des chirurgischen Talkums.
Arch. Hyg. 118,129,1937

24. MAIER, O.
Über Mängel in der Handhabung der Asepsis.
Münch.med.Wschr. 77, 332, 1935

25. MATSUDA
Über Trockenerhitzung von Immunserum.
Zbl. Bakt. I. O. 75, 83, 1915

26. MUNTSCH, O.
Sterilisierung von Pulvern (Wundstreupulvern).
Dtsch.Z.Chir.232, 531, 1931

27. OESTERLE, P.
a) Zur Frage der Pudersterilisation.
Arch. Hyg. 114,315,1935
b) Das Deutsche Arzneibuch und die neuen Erkenntnisse der Entkeimungslehre.
Pharm.Z. 85, 97, 1949

28. OESTERLE, P.
HERTWIG, F.
Die Bedeutung des Thermometermantels für die Arbeitsweise der Heißluftsterilisatoren.
Pharmacie 13, 256, 1958

29. PERKINS, J.J.
Bacteriological and Surgical Sterilization by Heat.
In: REDDISH, G.F., Antiseptics,Disinfectants, Fungicides and Sterilization.
LEA & FEBIGER 1957 Philadelphia

30. ROEMER, G.B.
Heißluftsterilisation von Spritzen und anderen ärztlichen Instrumenten.
Ärztl.Wschr.9, 581,1954

31. SEIDL, G.
VOGLER, E.
Zur Aetiologie des postoperativen Tetanus.
Wien.med.Wschr. 99, 85, 1949

32. SCHINZEL, A.
Entkeimung durch trokkene Hitze in der Chirurgie und Apotheke.
Abh.Ges.Hyg. 16,84,1934

33. SCHMIDT, J.
Die Sterilisation der Arzneimittel im Nachtrag zum DAB 6.
Pharmacie 10, 79, 1955

34. SOBERNHEIM, G.
MÜNDEL, O.

a) Grundsätzliches zur Technik der Sterilisationsprüfung.
Zschr.Hyg. 121,90,1938

b) Die Bedeutung des Testmaterials für die Prüfung von Sterilisationsapparaten.
Schweiz.med.Wschr. 68, 858, 1938

35. STICH, C.
Bakteriologie,Serologie und Sterilisation im Apothekenbetriebe.
Springer 1950, Berlin-Göttingen-Heidelberg

36. STUTZ, L.
Über Erfahrungen bei der Prüfung der Sterilisation.
Med.Klin.42, 800,1947

37. WHITE, A.M.
JEFFREY, L.P.
Sterilization of colloidal oatmeal for use as dusting-powder in surgical gloves.
Am.J.Pharmacy 130,82, 1958

38. ZWEIFEL, P.
Bolus alba als Träger der Infektion.
Münch.med.Wschr. 52, 1787, 1910

39. KUBISCH, L.
HERTWIG, F.
Die Hitzeresistenz der Sporen im Stuhl von Tieren und Menschen.
Zschr.ges.Hyg. 348, 1959

40. GERISCHER, K.
Untersuchungen zur Heißluftsterilisation von Glyzerin,Erdnußöl,Olivenöl, Paraffinum liquidum und Kampferöl.
Inaug.Diss. Med. Fak. Freie Universität Berlin 1961

Lebenslauf

Als Sohn des Bankangestellten Herbert V a n d e r s e e und seiner Ehefrau Helene, geb. P o s l i n g , wurde ich am 10. September 1933 in Berlin geboren.

Ich besuchte die Volksschule und die H u m b o l d t - Schule in Berlin-Tegel.

Seit dem Wintersemester 1953/54 studierte ich ohne Unterbrechung an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin. Im Frühjahr 1956 bestand ich dort die ärztliche Vorprüfung und im Sommer 1959 die ärztliche Prüfung.

Vom 1. September 1959 bis zum 30. Juni 1960 war ich als Medizinalassistent am Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Freien Universität Berlin beschäftigt, wo ich Gelegenheit hatte, die experimentellen Arbeiten für meine Dissertation durchzuführen.

Später war ich als Medizinalassistent an der II. Medizinischen Abteilung des Rudolf Virchow - Krankenhauses, an der II. Medizinischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses Spandau sowie an der I. Chirurgischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses am Urban tätig. Seit dem 9. Mai 1961 arbeite ich an der Gynäkologisch-Geburtshilflichen Abteilung des Dominikuskrankenhauses in Hermsdorf.